

## **Пакет программ для анализа установившихся режимов электрических сетей**

**Ягуп В. Г., д.т.н., проф., Истомин В.Ю., студ.**

*Харьковская национальная академия городского хозяйства,*

*Харьков, ул. Революции, 12, т. 707-31-17*

**Ягуп Е. В. к.т.н.**

*Украинская государственная академия железнодорожного транспорта*

*Харьков, пл. Фейербаха, 7, т. 730-10-76*

*Предложен пакет программ для анализа установившихся режимов в электрических сетях, в котором учитываются случаи линейной и нелинейной нагрузки сети.*

Одной из наиболее распространенных типовых задач при проектировании электрических сетей является расчет установившегося режима сети [1, 2]. Эти расчеты составляют существенную часть общего полного исследования электрических сетей. Они дают возможность выбрать топологию сети, параметры элементов, составляющих сеть, а также проанализировать экономичность режимов и выбрать элементы защиты от аварийных режимов.

Поэтому при обучении студентов электроэнергетических специальностей необходимо обеспечить их удобным компьютерным инструментарием для проведения указанных расчетов. Имеющиеся промышленные разработки подобных программ характеризуются большими объемами сопроводительной информации, а кроме того труднодоступностью. Для решения учебных задач необходимы пакеты, отличающиеся простой интерфейса, наглядностью и отсутствием избыточности функций и документации.

В разработанном пакете программ рассматривается электрическая сеть, представления в виде эквивалентной схемы замещения с помощью двухполюсных элементов. Для ввода информации сети в компьютер целесообразно представить эквивалентную схему в виде ориентированного графа, ребра которого направлены в соответствии с принятыми положительными направлениями токов.

В качестве исходных данных для расчета применяется информация о топологии сети, параметрах ее элементов, в том числе сопротивления или проводимости элементов, а также задающие величины источников напряжения и тока. Эти величины вводятся в виде комплексных чисел, которые могут быть представлены в необходимой рациональной форме и преобразованы в любую удобную для пользователя форму. Для ввода информации в виде соответствующего списка используется подпрограмма, позволяющая вводить информацию с клавиатуры компьютера, записывать эту информацию в файл, и в дальнейшем считывать ее из текстового файла. Далее по исходной информации с помощью специальных подпрограмм формируются топологические матрицы и уравнения по методу узловых напряжений. Этот метод рационально применять, когда эквивалентная схема содержит лишь источники тока, а в задачах электрических систем, как правило, присутствуют источники напряжения, отобра-

жающие центры питания сети [3, 4]. Поэтому предусмотрены процедуры различных вариантов преобразований схемы замещения к рациональной форме.

Источники напряжения в эквивалентных расчетных схемах замещения электрических систем присутствуют обычно без последовательно соединенных с ними пассивных элементов. Это затрудняет преобразование таких ветвей с источниками напряжения к эквивалентным ветвям с источниками тока. Непосредственное преобразование в этом случае оказывается невозможным. Рассмотрен случай преобразования, предложенный в [5], который основан на переносе источника напряжения в ветви, находящиеся за одним из узлов, к которому присоединен источник напряжения. Если к этому узлу присоединено несколько пассивных ветвей сети, то переносимый источник напряжения размножается и оказывается в каждой из этих пассивных ветвей. В дальнейшем это приводит к появлению соответствующего числа эквивалентных источников тока. Указанные обстоятельства составляют слабую сторону такого подхода. Кроме реализации такого метода предложен метод введения последовательно с источником напряжения двух фиктивных резисторов. Сопротивления этих резисторов принимаются равными по абсолютной величине и противоположными по знакам. С одним из этих резисторов и осуществляется преобразование источника напряжения в эквивалентный источник тока. Второй резистор участвует как элемент сети, компенсирующий энергию первого резистора. В таком случае не требуется переносить источник напряжения, и топологическое преобразование расчетной схемы сопровождается введением двух дополнительных узлов, напряжения которых не принимаются во внимание в окончательных результатах расчетов сети.

Уравнения по методу узловых напряжений формируются с учетом комплексного характера величин всех параметров электрической сети. Для решения системы она предварительно преобразуется к форме уравнений с действительными величинами. Для решения уравнений состояний электрической сети предусмотрены процедуры реализующие различные численные методы: метод Гаусса, метод обратной матрицы, итерационные методы.

После вычисления комплексов узловых напряжений рассчитываются токи и мощности элементов и проверяется выполнение закона баланса мощностей.

Комплекс программ реализован на алгоритмическом языке Pascal в системе Delphi, однако он легко может быть реализован в любой иной системе программирования благодаря использованию библиотек динамической загрузки. Вывод результатов осуществляется в текстовые файлы, которые могут содержать не только конечные результаты, но и информацию о промежуточных операциях, что позволяет контролировать ход вычислений и представляет интерес при решении учебных задач студентами.

С помощью предложенного пакета программ было решено несколько десятков тестовых задач, что позволило сделать вывод о высокой точности и надежности работы пакета в целом.

#### Список литературы

1. Электрические системы. Математические задачи электроэнергетики./ под ред. В. А. Веникова. – М.: ВШ, 1981 –288 с.
2. Буслов Н. В., Винославский В. Н., Денисенко Г. И., Перхач В. С. Электрические системы и сети. – Киев: ВШ, 1986. – 584 с.
3. Сегеда М. С. Електричні мережі та системи. – Львів: Вид-во Нац. ун-ту "Львівське політехнік", 2007. – 488 с.
4. Романюк Ю. Ф. Електричні системи та мережі. – Київ: Знання, 2007. – 292 с.
5. Идельчик В.И. Электрические системы и сети. – М.: Энергоатомиздат, 1989.- 592 с.